

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-168088

(P2001-168088A)

(43)公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51)Int.Cl.⁷
H 01 L 21/3065
21/28
21/768

識別記号

F I
H 01 L 21/28
21/302
21/90

コード(参考)
M
F
F
A
C

審査請求 未請求 請求項の数15 O.L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-323156(P2000-323156)
(22)出願日 平成12年10月23日 (2000.10.23)
(31)優先権主張番号 99P46631
(32)優先日 平成11年10月26日 (1999.10.26)
(33)優先権主張国 韓国 (K.R.)

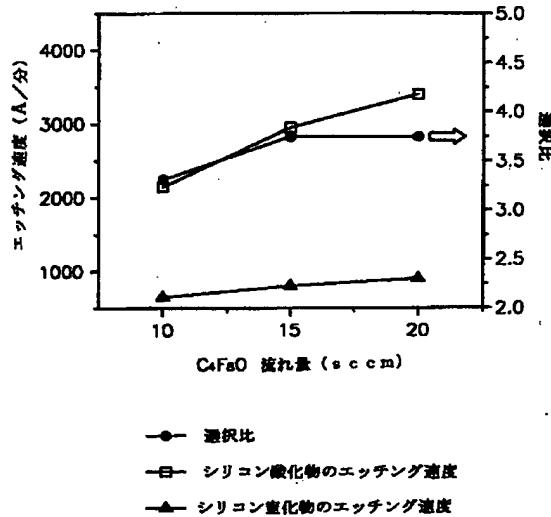
(71)出願人 390019839
三星電子株式会社
大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416
(72)発明者 鄭相燮
大韓民国京畿道水原市八達区遠川洞35番地
住公アパート102棟206号
(72)発明者 安太赫
大韓民国京畿道龍仁市器興邑新葛里14番地
三益アパート102棟802号
(74)代理人 100072349
弁理士 八田幹雄 (外4名)

(54)【発明の名称】 半導体装置の絶縁膜エッチング方法

(57)【要約】

【課題】 半導体装置の絶縁膜エッチング方法を提供する。

【解決手段】 本発明の一観点は、半導体基板上にシリコン酸化膜またはシリコン窒化膜などの絶縁膜を形成し、 C_4F_8O ガスのように $C_4H_xF_{8-x}O$ ガス(ここで、前記xは0~4の整数である)を含む反応ガスを用いて絶縁膜をドライエッチングする。このようなドライエッチングにより絶縁膜をエッチングしてコンタクトホールを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に絶縁膜を形成する段階と、
 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガス(ここで、前記xは0~4の整数である)を含む反応ガスを用い、前記絶縁膜をドライエッチングする段階とを含むことを特徴とする半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項2】 前記 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスは、前記xが0である C_4F_8O ガスであることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項3】 前記反応ガスは、前記 C_4F_8O ガスと、 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガス(ここで、前記xは1~4の整数である)との混合ガスを含むことを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項4】 前記反応ガスは、酸素ガスまたは酸素含有ガスをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項5】 前記酸素含有ガスは、一酸化炭素ガスまたは二酸化炭素ガスであることを特徴とする請求項4に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項6】 前記反応ガスは、 C_xF_y ガス(ここで、前記xは1~6の整数であり、前記yは2~12の整数である)、または $C_xH_yF_z$ ガス(ここで、前記xは1~6の整数であり、前記yは1~4の整数であり、前記zは2~10の整数である)をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項7】 前記反応ガスは、希釈用としてAr、He、Kr及びXeよりなる一群から選ばれたいずれか一種の不活性ガスをさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項8】 前記絶縁膜は、シリコン酸化膜またはシリコン窒化膜であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項9】 半導体基板上に絶縁膜を形成する段階と、 C_4F_8O ガスを含む反応ガスを用い、前記絶縁膜をエッチングする段階とを含むことを特徴とする半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項10】 前記反応ガスは、 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガス(ここで、前記xは1~4の整数である)をさらに含むことを特徴とする請求項9に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項11】 前記反応ガスは、酸素ガスまたは酸素含有ガスをさらに含むことを特徴と

する請求項9に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項12】 前記酸素含有ガスは、一酸化炭素ガスまたは二酸化炭素ガスであることを特徴とする請求項11に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項13】 前記反応ガスは、 C_xF_y ガス(ここで、前記xは1~6の整数であり、前記yは2~12の整数である)、または $C_xH_yF_z$ ガス(ここで、前記xは1~6の整数であり、前記yは1~4の整数であり、前記zは2~10の整数である)をさらに含むことを特徴とする請求項9に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項14】 前記反応ガスは、希釈用としてAr、He、Kr及びXeよりなる一群から選ばれたいずれか一種のガスをさらに含むことを特徴とする請求項9に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【請求項15】 前記絶縁膜は、シリコン酸化膜またはシリコン窒化膜であることを特徴とする請求項9に記載の半導体装置の絶縁膜エッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体装置の製造方法に係り、特に、プラズマを用いて絶縁膜をドライエッチングする方法に関する。

【0002】

【従来の技術】256M級以上の高集積半導体メモリ装置では、高いアスペクト比をもつ細長いコンタクトを形成するシリコン酸化膜エッチング工程が必要とされている。また、集積度の向上に対応するために、自動整列されたコンタクト(Self Aligned Contact、SAC)の形成工程を採用することが必要とされている。また、このような工程はより高い選択比を要求している。

【0003】シリコン酸化物のエッチングには、一般的に、フルオロカーボン(C_xF_y)系のガスが用いられている。たとえば、 C_3F_8 ガスまたは C_4F_8 ガスなど、炭素対フッ素の比の高いものが用いられている。または前記したガスにハイドロフルオロカーボン($C_xH_yF_z$)系のガスを添加剤として添加して選択比の増加を図っている。

【0004】また、シリコン酸化物を高選択比でドライエッチングするとき、 C_4F_8 ガスなどに酸素ガスまたは一酸化炭素(CO)など、酸素を含有するガスを必ず添加している。このような酸素ガスまたは一酸化炭素ガスはエッチング停止の防止または形成されるコンタクトホールのプロファイルを制御するために添加されている。

【0005】このように酸素ガスなどをさらに添加する

ためには、酸素ガスなどの供給を別途に制御する工程が追加されなければならない。したがって、ドライエッチングの全体工程を制御することがより複雑になる。また、前記酸素ガスなどをさらに供給するためにはエッチング設備に別途のガス供給装置を設置しなければならぬため、エッチング設備の構造が複雑になる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みて成されたものであり、その目的は、シリコン酸化膜をドライエッチングするとき、 $C_x F_x$ 系ガスに代え得る新しいエッチング反応ガスを用いる半導体装置の絶縁膜エッチング方法を提供するところにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明の一観点は、半導体基板上にシリコン酸化膜またはシリコン窒化膜などの絶縁膜を形成する段階と、 A_r 及び $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガス(ここで、前記xは0～4の整数である)を含む反応ガスを用い、前記絶縁膜をドライエッチングする段階とを含むことを特徴とする半導体装置の絶縁膜エッチング方法を提供する。

【0008】好ましくは、前記 $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガスは、前記xが0である $C_4 F_8 O$ ガスである。また、前記反応ガスは、前記 $C_4 F_8 O$ ガスと、 $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガス(ここで、前記xは1～4の整数である)との混合ガスを含むことができる。さらに、前記反応ガスは、 $C_4 F_y$ ガス(ここで、前記xは1～6の整数であり、前記yは2～12の整数である)、または $C_x H_y F_z$ ガス(ここで、前記xは1～6の整数であり、前記yは1～4の整数であり、前記zは2～10の整数である)をさらに含むことができる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面に基づき、本発明の実施形態について詳細に説明する。しかし、本発明の実施形態は各種の形態に変形でき、本発明の範囲が後述する実施形態によって限定されるものであると解釈されなければならない。本発明の実施形態は当業界における通常の知識を有した者に本発明をより完全に説明するために提供されるものである。よって、図中の要素の形状などはより明確な説明を強調するために誇張されており、図中同一の符号で示された要素は同一の要素を意味する。また、ある膜が他の膜または半導体基板の“上”にあると記載される場合、前記ある膜は前記他の膜または半導体基板に直接的に接触して存在することもできれば、その間に第3の膜が介在されることもできる。

【0010】図1は、本発明の実施形態による半導体装置の絶縁膜をエッチングする方法を説明するために示す概略断面図である。

【0011】具体的に、本発明の実施形態は、半導体基板100上に形成された絶縁膜200をドライエッチングするとき、 $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガスを含むエッチング反応

ガスから励起されるプラズマを用いる方法を提示する。このとき、絶縁膜200はシリコン窒化物(Si_3N_4)またはシリコン酸化物(SiO_2)よりなることができるが、シリコン酸化物よりなる場合が一般的である。

【0012】前記した $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガスは酸素を含有するフルオロカーボン系ガスであって、シリコン酸化膜をエッチングする工程でエッチング停止を防止したり、あるいはプロファイルを制御するのに必要な酸素をそれ自体として含有している。

【0013】最近、酸素を含むハイドロフルオロカーボンエーテル(HFE)系のガスを $C_4 F_8$ ガスなどのPFCガスに代え得るガスとして評価した報告(“High aspect ratio SiO_2 etching with high resist selectivity improved by addition of organicsilane to TetrafluoroethylTrifluoromethyl Ether”, Y. Chinzei et al. Proceeding of Symposium on Dry Process, 1997, p267)がある。しかし、これらは低い地球温暖化指数(Global Warming Potential, GWP)を示すにも拘わらず、既存のPFCガスを用いる工程に比べて同等の工程能力を確保し難いと知られている。

【0014】したがって、本発明の実施形態では、既存のPFCガスを用いる工程に比べて少なくとも同等の工程能力を確保できて、 $C_x F_x$ 系のガスに十分代え得る反応ガスとして $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガスを提示する。

【0015】また、本発明の実施形態では、 $C_4 H_x F_{8-x} O$ ガスのうちxが0～4の整数であるガスを用いるドライエッチング方法を提示する。代表的に、パーフルオロテトラヒドロフラン($C_4 F_8 O$)ガスを用いるドライエッチング方法を提示する。 $C_4 F_8 O$ ガスは次の図2に示された基本構造をもつ。

【0016】図2は、パーフルオロテトラヒドロフラン($C_4 F_8 O$)ガスの基本的な構造を概略的に示す。

【0017】具体的に、 $C_4 F_8 O$ ガスはフルオロカーボンの側鎖に酸素が含まれたサイクリック化合物である。すなわち、基本的なバックボーンは4つの炭素及び1つの酸素が結合して5角形のリング構造を成している。そして、各々の炭素に2つのフッ素が結合されている。したがって、炭素及びフッ素の比は既存の $C_4 F_8$ ガスと同じであり、炭素の側鎖に酸素が含まれた形をなす。したがって、 $C_4 F_8 O$ ガスは $C_4 F_8$ ガスに比べて同等またはそれ以上のエッチング選択性及びエッチング能力を示すことができる。

【0018】このような $C_4 F_8 O$ ガスの構造は、基本的なバックボーンにC—O—C結合をもつ。このようなC—O—C結合は、酸素の存在によってC—C結合に比べて反応性が大きいと知られている。したがって、前記し

たC₄F₈OガスはC-C結合を基本構造とするC₄F₈ガスに比べて高い反応性を示すことができる。したがって、より低いエネルギーで解離でき、より高いプラズマ解離度を示すことができる。

【0019】また、前述したように相対的に高い反応性をもつことにより、C₄F₈ガスなどのPFCガスに比べて大気中でより短い持続時間を示すことができる。したがって、C₄F₈Oガスはより低いGWPを示すことができる。実質的にC₄F₈OガスはC₄F₈ガスに比べて約20%ほど低いGWPを示すことができる。

【0020】たとえば、C₄F₈ガスを用いるドライエッティング工程時に、ドライエッティング工程後に解離されずに排出されるC₄F₈ガスの量は、供給されたソースガスのそれに対して約10%～15%であるが、C₄F₈Oガスの場合約5%である。これより、C₄F₈Oガスの解離度が相対的に高いことが分かる。また、本発明の実施形態でのように、C₄F₈Oガスを用いるとき、PFC放出を緩和できる。

【0021】C₄H₁F₇OガスまたはC₄H₈F₆OガスなどのようにC₄H_xF_{8-x}Oガスでxが1～4の範囲内の整数であるガスは、前記したC₄F₈Oガスと基本的に同等な構造をもつ。すなわち、前記した図2のC₄F₈Oガス構造でフッ素が水素に置換された形態を示す。したがって、C₄F₈Oガスと同様に、4つの炭素及び一つの酸素の結合よりなるリングの構造を基本的にもつである。これにより、前述したC₄F₈Oガスで説明したのと同等な効果を示すことができる。

【0022】図3及び図4は、本発明の実施形態によるC₄F₈Oガスを用いるドライエッティング方法によって測定されたシリコン酸化物及びシリコン窒化物のエッティング速度をC₄F₈Oガスの供給量及び印加したソースパワーにより各々概略的に示すグラフである。

【0023】具体的に、本発明の実施形態によるC₄F₈Oガスのエッティング能力を確かめるために、半導体基板に単にプランケットシリコン酸化膜及びプランケットシリコン窒化膜を形成した試料を用いてエッティング実験を行った。このとき、エッティング装備としては住友社のSWPエッティング装備を使用した。

【0024】図3を参照すれば、約1300Wのソースパワー及び約1400Wのバイアスパワーを印加し、C₄F₈Oガスの流れ量を変えながら前記した試料での膜質のエッティング速度を測定した。選択比は、シリコン窒化膜に対するシリコン酸化膜のエッティング速度の比で計算された。

【0025】C₄F₈Oガスは約450sccmの流れ量と一緒に供給されるアルゴン(Ar)によって希釈された状態で前記エッティング装備に供給された。前記した試料が取り付けられるチャンバの圧力は約25mTorr(1mTorr=0.133Pa)に維持した。

【0026】図3から明らかなように、C₄F₈Oガスを

用いるエッティング工程によって通常のエッティング工程に比べて同等またはそれ以上のエッティング速度及び選択比を示す。また、C₄F₈Oガスの流れ量に応じてエッティング速度が変わるので、C₄F₈Oガスの流れ量を制御するに伴いシリコン酸化物またはシリコン窒化物に対するエッティング速度及び選択比を調節できることが分かる。

【0027】図4を参照すれば、図3で説明したように、チャンバの圧力を約25mTorrに保ち、C₄F₈Oガスを約15sccmで供給してドライエッティングを行い、印加するソースパワーを変えてエッティング速度の変化を測定した。このとき、ソースパワーを変えるほかは、図3と同一にした。すなわち、1400Wのバイアスパワーを印加し、かつ、希釈ガスとしてのArを450sccmで供給した。

【0028】図4に示したように、プラズマを発生するために印加されるソースパワー、すなわち、前記エッティング装備でマイクロ波パワーの変化によって、膜質別にエッティング速度の変化が発生した。通常のエッティング工程の場合と同様に、ソースパワーを増やすに従いシリコン酸化膜のエッティング速度が増大することが分かる。しかし、通常のC₄F₈ガスを用いるエッティング方法に比べて、低いソースパワー領域でのエッティング速度の低下が相対的に小さいことが分かる。このことは、低いソースパワー領域でもC₄F₈ガスのプラズマへの解離が容易に発生でき、ソースパワーが減少してもエッティング液の供給が急激に減少しないことを意味する。

【0029】その一方、このような結果のために提示された前記エッティング条件は単なる本発明の実施形態として提示されたものであって、本発明を限定するために提示されたものと解釈されてはならない。

【0030】図5及び図6は、本発明の実施形態による絶縁膜エッティング方法を適用してコンタクトホールを形成した結果を概略的に示すものである。

【0031】図5は、本発明の実施形態によるC₄F₈OガスをArガスで希釈した混合ガスを用い、150nm級の微細コンタクトホールをエッティングした結果を示す。このとき、C₄F₈Oガスは約15sccmの流れ量で供給し、450sccmの流れ量でArガスを供給して希釈した。エッティング装備としては、図3及び図4で説明したように、住友社のSWPエッティング装備を使用した。

【0032】図5に示したように、本発明の実施形態によるドライエッティング方法を微細コンタクトホールを形成するのに適用するとき、高いフォトレジスト選択比を示すことが分かる。また、コンタクトホールが良好な垂直プロファイルを示すことが分かる。したがって、図5に示された結果より、既存のC₄F₈/O₂/Arの混合ガスを用いるエッティング結果に比べ、本発明の実施形態によるC₄F₈Oガスを用いるエッティング方法が同等またはそれ以上の工程能力を得ることができることが分か

る。

【0033】図6は、本発明の実施例による C_4F_8O ガスをArガスで希釈した混合ガスを使って約7のアスペクト比をもつコンタクトホールをエッチングした結果を示す。このとき、コンタクトホールは300nmの上側臨界線幅をもち、約2μmの深さで形成される。

【0034】図6に示されたように、本発明の実施形態による C_4F_8O ガスを用いるエッチング方法は、反り(bowing)などのプロファイル不良が抑制されて良好な垂直プロファイルをもつコンタクトホールを形成でき

る。また、フォトレジスト選択比の観点から、ファセット部を基準とするとき、約3.3の良好なフォトレジスト選択比が得られることが分かる。この結果より、本発明の実施形態による C_4F_8O ガスを用いるドライエッチング方法が、コンタクトホールを形成するとき、既存の工程に比べて同等またはそれ以上の工程能力が得られることが分かる。このことは、下記表1の内容によってより具体的に裏付けられる。

【0035】

【表1】

シリコン酸化膜工程の特性比較

| | $C_4F_8O/O_2/CO/Ar$ | C_4F_8O/Ar |
|------------------------------------|---------------------|--------------|
| エッチング速度 | 6000Å/分 | 6000Å/分 |
| プロファイル角 | 87~89° | 89° |
| フォトレジスト選択比 | 3~5 | 3~7 |
| Si選択比 | 15 | 15 |
| Si ₃ N ₄ 選択比 | 10 | 10 |

【0036】前記表1の結果は、既存のエッチング反応ガスとして代表的に用いられる $C_4F_8O/O_2/CO$ の混合ガスと、本発明の実施形態による C_4F_8O/Ar の混合ガスを用いたドライエッチング方法によりコンタクトホールを形成する場合から得た。

【0037】前者の場合、 C_4F_8O ガスは約10sccmの流れ量で制御され、 O_2 ガスは約5sccmの流れ量で供給され、 CO は約30sccmの流れ量で供給され、そして Ar は約400sccmの流れ量で供給される条件下で前記した結果を得た。使用されたエッチング装置は住友社のSWPエッチング装置であり、このとき、チャンバ圧力は20mTorrに保たれ、1600Wのソースパワー及び1400Wのバイアスパワーが印加された。

【0038】後者の場合、 C_4F_8O ガスは約15sccmで供給され、 Ar は45sccmで供給された。また、1600Wのソースパワー、1400Wのバイアスパワー及び24mTorrのチャンバ圧力条件が適用された。前記表1において、フォトレジストの選択比はファセット部を基準として測定された。

【0039】前記表1から明らかなように、本発明の実施形態による C_4F_8O ガスを用いるドライエッチング方法は、既存の代表的なドライエッチング工程である C_4F_8 ガスを用いる工程に比べて同等またはそれ以上の工程能力を示している。

【0040】前述したように、本発明の実施形態を C_4F_8O ガスを用いるドライエッチング方法を例に取って説明したが、前述したように、 C_4F_8O ガスと同等な基本構造を $C_4H_1F_7O$ ガスまたは $C_4H_2F_6O$ ガスなどのようにxが1~4の整数である $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスを C_4F_8O ガスに代えて使用できる。

【0041】 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスは、図2の C_4F_8O ガス構造で単にフッ素が水素に置換された形をもつて、基本的に前記したような C_4F_8O ガスを用いる効果を得

ることができる。このことは、主に、 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスの場合にも C_4F_8O ガスと同様にC—O—Cの結合が存在するので、既存の C_4F_8 ガスに比べて高い解離度をもつことに起因する。そして、前記 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスは独立的に C_4F_8O ガスに代えて使用できるが、前記 C_4F_8O ガスに添加されて使用できる。

【0042】一方、このような $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスまたは C_4F_8O ガスはそれ自体に酸素を含有しているので、別途の酸素ガスを必要としない。これに対し、既存の C_4F_8 ガスはシリコン酸化膜エッチング工程でエッチング停止の防止やプロファイル制御のために酸素ガスまたは CO などの酸素含有ガスを別途に供給することが必要である。したがって、前述したように、 $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスまたは C_4F_8O ガスを用いるとき、追加の酸素ガスを供給しなくても良いので、工程の制御などが簡便になるという利点がある。これにより、使用するエッチング装置の構造が単純になる。

【0043】また、既存のドライエッチング方法のように、酸素ガスを別途に供給するとき、供給される酸素ガスの流量変化によって工程特性が変わることがある。この理由から、工程の安定性が問題として提起できる。しかし、本発明では酸素ガスを別途に供給することを回避でき、全体工程の制御が簡単になるので、工程の安定性を向上でき、かつ工程の再現性をより高く確保できる。加えて、 C_4F_8O ガスなどは、解離度が相対的に高いので、GWPが相対的に低く、PFCの放出を緩和できるという効果がある。

【0044】 C_4F_8O または $C_4H_xF_{8-x}O$ ガスなどは、前述したように、別途の酸素供給を必要としないが、工程の必要によって追加の酸素ガスまたは酸素含有ガスを供給できる。このとき、酸素ガス、一酸化炭素ガスまたは二酸化炭素ガスなどは約5%~60%の割合で前記した C_4F_8O ガスなどに混合して使用できる。

【0045】そして、前記 C_4F_8O ガスを用いるとき、

工程の必要によって別途のフルオロカーボン系ガスまたはハイドロフルオロカーボン系ガスをさらに添加できる。たとえば、 x が1ないし6であり、 y が2ないし12である $C_x F_y$ 系ガスをさらに添加できる。または、 x が1ないし6であり、 y が1ないし4であり、 z が2ないし10である $C_x H_y F_z$ 系ガスをさらに添加できる。

【0046】前記した $C_4 F_8 O$ ガスを用いるとき、前記したように希釈ガスとしてArを使用できる。また、Arと同等な不活性ガス、たとえば、He、KrまたはXeなどを希釈ガスとして使用できる。

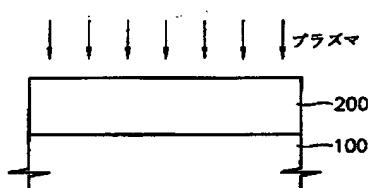
【0047】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、反りなどのプロファイル不良が抑制されて良好な垂直プロファイルをもつコンタクトホールが形成できる。

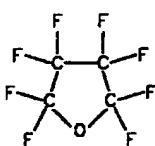
【0048】以上本発明を具体的な実施形態を通じて詳細に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、本発明の技術的な思想内であれば、当分野における通常の知識を有した者にとってその変形や改良が可能である。

【図面の簡単な説明】

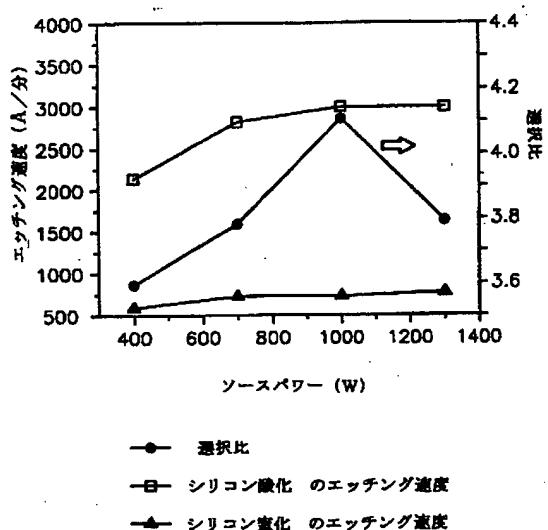
【図1】



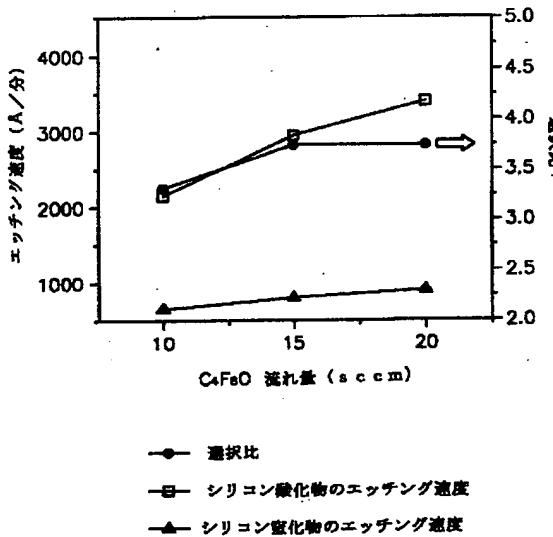
【図2】



【図4】

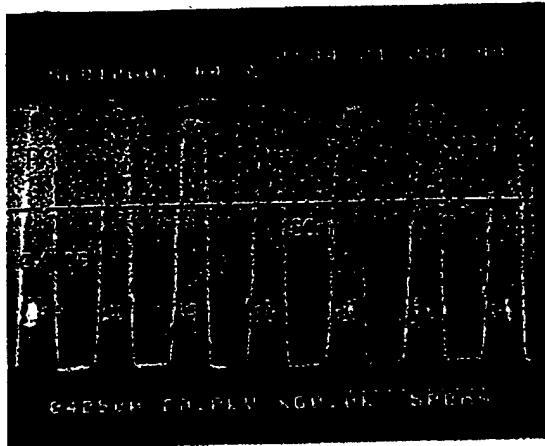


【図3】



!(7) 001-168088 (P2001-16Z8

【図5】



【図6】

